

河川堤防の浸透挙動及び堤体変状に及ぼす降雨強度の影響

名古屋工業大学

学生会員

〇一瀬 守

正会員

前田 健一

名古屋工業大学

学生会員

伊神 友裕

学生会員

澤村 直毅

1. はじめに

近年、都市部を襲う集中豪雨により、河川堤防の決壊被害が相次いで報告されている。2000年に発生した東海豪雨でも、堤防決壊前にエアブローが目撃されている。しかし、現行の河川堤防における設計指針¹⁾では、エアブローの程度により堤体内部に与える影響や、降雨条件が堤体変状に及ぼす影響については、解明されていないことも多い。地球温暖化の影響により大雨のリスクが増加している中、大雨が堤防に、間隙空気が堤体内部に与える影響を調べることで、降雨による堤防の破壊を防ぐことが出来ると考える。そこで本研究では、降雨強度を変化させて模型実験²⁾を実施し、降雨強度が河川堤防堤体における浸透挙動と変状に与える影響を考察した。

2. 実験概要

図-1 に実験模型概略図を示す。基礎地盤及び堤体には豊浦砂を使用し、基礎地盤は水中落下法で堆積させ、堤体は数回に分けて締固めを行った。豊浦砂の透水係数は $k=1.23\times10^{-4}$ m/s であり、粒度分布は図-2 に示す。堤体の含水比は 0.01、法勾配は 2 割勾配とした。堤外側のみ降雨による水が蓄積する。奥行き方向中央にレーザー変位計を設置し、実験開始から 5 分ごとに裏法尻から表法肩までの法面及び天端の変状の計測を行った。

表-1 に実験ケース一覧を示す。降雨強度は、case1 では気象庁が「強い雨」と定める 30 mm/h、case2 ではその 3 倍で「猛烈な雨」とされる 90 mm/h とした。

3. 実験結果および考察

3.1. 堤体への浸透及びエアブロー現象の発生

実験模型断面で確認された堤体浸透の経時変化を図-3 に示す。図-3 より、case1 では実験開始 30 分後、case2 では実験開始 10 分後に間隙空気を圧縮している様子を確認できる。このことから降雨強度が

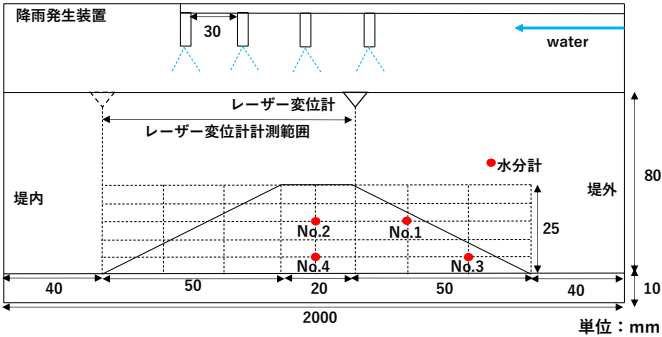


図-1 模型実験概略図及び水分計の設置位置

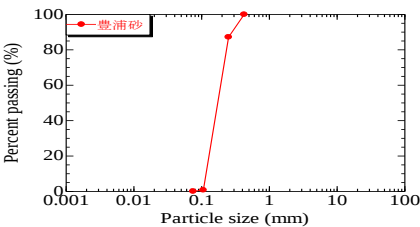


図-2 実験に用いた試料の粒度分布

表-1 実験ケース一覧

	case1	case2
降雨強度	30(mm/hr)	90(mm/hr)

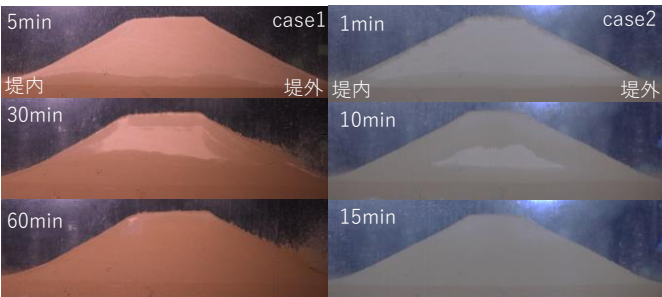


図-3 実験時の間隙空気の圧縮の様子：左図；case1（降雨強度 30mm/h）、右図；case2（降雨強度 90mm/h）

強いほど法面及び天端からの浸透量が多いため、降雨量の多い case2 の方が基礎地盤に近い箇所で間隙空気が圧縮されたと考えられる。また、case1 では実験開始から 60 分、case2 では実験開始から 15 分経過すると、断面全体に浸透が進んだ様子を観察した。また、各ケースにおける堤体内の水分量の経時変

化を図-4に示す。水分量の経時変化を見ると水分計 No.2 と No.4（設置箇所は図-1 参照）は両ケースともに case1 では実験開始後 20 分、case2 では実験開始後 10 分で一時的に水分量の増加速度が緩やかになっている。これは降雨による法面及び天端からの浸透と基礎地盤からの浸透により圧縮された間隙空気が一時的に水の浸透を妨げたためだと考えられる。しかし、case2 の方が緩やかな時間が短く、これは先ほどと同様に降雨強度の差によるものと考えられる。また、水分計 No.1 と No.2 の値を両ケースで比較すると、case2 の方が実験開始から 30 分以降の水分量が多くなっている。これは case2 の方が降雨量が多く常に天端付近に一定量の水が残存していることが原因と考えられる。

さらに、本実験で確認されたエアブローの様子を図-5に示す。case1 では実験開始 50 分後に裏法面中央付近で 1 つ、case2 では実験開始 15 分後に両側の法尻上部付近で複数個の発生が確認された。この結果からも降雨強度が強い方が間隙空気をより多く、基礎地盤に近い位置で閉じ込めやすいと言える。

3.2. レーザー変位計による法面変状の比較

図-6 に両ケースのレーザー変位計で計測した奥行方向中央の堤体形状の 30 分ごとの経時変化を示す。図の横軸は 0 が表法肩、700 が裏法尻を表す。両ケースともに法面にすべりが起きており、時間が進むにつれて法面の崩壊箇所が徐々に法肩に近づくことが確認された。さらに、法面中央まで崩壊の起点が進展するのに実験開始から case1 では 120 分、case2 では 30 分要していることが確認できる。このことから、降雨強度の違いによりすべりの進展速度に大きな差が生まれることが分かる。しかし、case2 ではエアブローの発生時に堤体が大きくすべる様子が確認できるが、case1 ではエアブローの発生時に大きな変化は見られない。このことからエアブローが発生したからといって必ずしも堤体が崩れる危険が迫っているわけではないことが確認できる。

4. まとめ

本研究では、降雨強度の違いによる堤体への水の浸透及び堤体の形状の変化について模型実験を実施し検討した。その結果、降雨強度が強いほど間隙

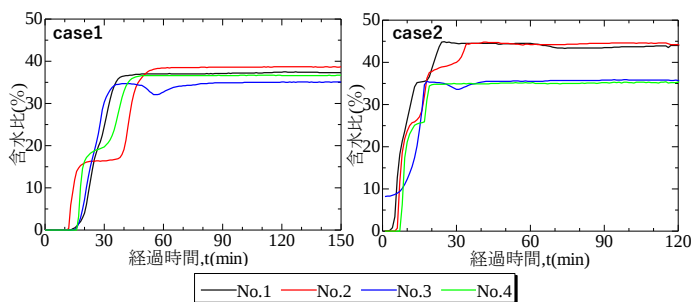


図-4 水分量の経時変化：左図；case1（降雨強度 30mm/h），右図；case2（降雨強度 90mm/h）



図-5 実験で確認されたエアブロー現象：左図；case1（降雨強度 30mm/h），右図；case2（降雨強度 90mm/h）

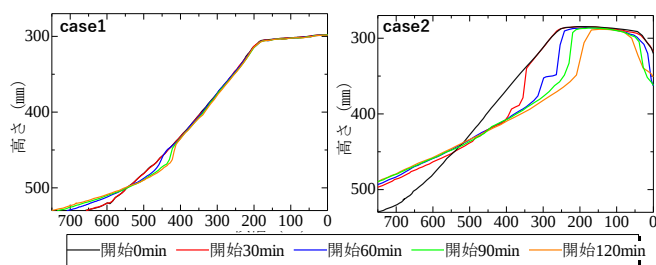


図-6 レーザー変位計による堤体の経時変化：左図；case1（降雨強度 30mm/h），右図；case2（降雨強度 90mm/h）

空気を閉じ込めやすく、エアブローが発生しやすくなることが確認できた。また、降雨強度が強いほど、堤体変状も速く進展することも確認できた。今後は、法勾配、砂の種類や降雨強度が変状・破壊モードに及ぼす影響について詳細に検討するとともに、エアブローの位置や規模等によって堤体の不安定化を抑制・助長させる条件についても検討する。

5. 参考文献

- 1) 国土交通省河川局治水課，河川堤防設計指針，2007。
- 2) 齊藤ら，豪雨と急激な水位上昇が作用する堤防の透気遮水シート及びドレーンによる補強効果，ジオシンセティックス論文集，Vol.28，2014。